浅谈高山无线发射台综合防雷技术的架构设计

摘　要：高山无线发射台所处位置的地理及气候等自然环境的特殊性和复杂性，对无线发射台站雷雨季节的节目安全播出和值守人员的生命安全带来了极大的挑战，科学合理地规划设计防雷设施，能为高山台站雷雨季节的安全播出提供可靠的保障。

关键词：高山无线；发射台；防雷技术；架构设计

中图分类号：TN948.53　　文献标识码：A

文章编号：1671-0134（2018）04-068-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2018.04.024

文 / 王文

防雷技术对于任何一个高山发射台来说都是一个至关重要的环节，因为它直接关乎到发射台工作能否正常安全运行。昭通位于云南省东北部，地处滇、川、黔三省结合处，素有“锁钥南滇，咽喉西蜀”之称。昭通境内群山林立，山高谷深，特殊的地理环境造就了凉风台成为区内第三高峰。本文简要介绍昭通市广播电视转播台凉风台高山发射站因地制宜的防雷设施及架构设计，供技术研究及同行参考。

昭通市广播电视转播台的凉风台发射站位于云南省昭通市昭阳区小龙洞乡凉风台山顶。这里山高坡陡，海拔 3154 米，自然条件极为恶劣。一年四季多为云蒸霞蔚，或冰天雪地，常年气温较低，气候干燥，年雷暴日为 47d/ 年，属于高雷暴区，是全国一级艰苦台站，也是滇东北地区海拔最高、任务最重、功率最大的高山骨干无线发射台。不管环境多恶劣，困难有多少，昭通凉风台发射站从 1984 年成立以来就一直承担着中央、省、市主要广播电视节目无线发射覆盖任务，全天 24 小时专人值守，转播节目覆盖昭阳、鲁甸、大关、彝良等县区，受益人口约为 350 万人。

高山无线发射台所处的地理位置及气候环境的特殊性和复杂性，使其在雷雨季容易遭受到雷击。一般情况下，发射机房和发射铁塔之间大多相距数十米甚至上百米，若未构建有效的防雷措施，雷电将击毁传输高频能量的馈管，甚至会对机房造成严重的破坏，同时还会威胁到值守人员的生命安全。因此，如何科学合理地设计高山无线发射台的防雷保护措施，最大限度地保障雷雨季节期间广播电视节目安全播出及值守人员的生命安全，成为整个昭通广播电视转播台乃至凉风台的攻关课题。

在结合实际的基础上，技术人员查阅了大量有关资料，经过反复讨论研究，多次实验，基本掌握了实地高山雷电规律，找到了可行的应对方法和途径。

1. 雷电波的特性及其入侵路径

雷电是天空带有正负两种电荷对流云层间相遇、产生剧烈磨擦，使高端云层和低端云层带上相反电荷，低端云层在大地上面感应出大量的异种电荷，即形成一个极大的电容，当场强达到一定强度时，对大地进行放电的过程，这就是“雷电现象”。

1.1 雷击形式的分类

1.1.1 直击雷

直击雷是指雷云直接对地面上的高层建筑物体或电力装置进行放电，产生巨大能量，且放电时间特别短。放电电压和电流相对较大，因此强大的雷电流通过地面突出物体进入地时，产生极大的破坏性和热效应、机械效应，直接引发建筑物、发电厂、医院、民房等停电，通讯中断乃至人员伤亡。

1.1.2 感应雷

当带电雷云接近高耸建筑物体时，收到静电感应和电磁感应的影响，雷电电流会通过先导放电过渡到主导放电，引起金属体产生较高的电压。高山发射台感应雷主要表现形式有两种：一种是通过电网感应进机房的雷电光；第二种是经传输电缆感应来的雷电流。

1.1.3 雷电波

雷电波是指输电线路在受到雷击或者雷电感应雷时，产生的沿不同方向传播的高电位冲击波，这种冲击波传播的速度在 150m/s 左右，沿着不同的方向进行无规律的传导，严重干扰了广播电视的传输和发射，甚至会对电源系统、发射系统、卫星接收系统等关键设备造成不同程度的损坏。

1.2 高山发射台雷击入侵途径

雷电袭击主要为直击雷和感应雷两种形式。通常情况下，主要通过供电线路侵入、信号线缆侵入和地电位反击电压等三种途径对广播电视设施设备造成损坏。

2. 凉风台发射站防雷设施的架构设计

2.1 设计背景

根据雷电破坏的特点，做好高山发射台的设备防雷工作，应增强防雷意识，把防雷避雷作为一项重要的系统工程来抓。在防雷措施的架构设计中，要全方位、多层次地进行科学合理思考，多措并举进行布局。

昭通广播电视转播台凉风台发射站机房内设有总配电室、柴油发电房、库房、监控室、发射机房、值班室等设施设备，既有强电设备，也有弱电设备，其中强电部分有总配电系统、柴油发电系统机房配电系统及 UPS 等，弱电部分包括有线电视信号系统、网络信号系统、电话信号及卫星接收系统等。机房位于发射塔西南侧，

东北侧是值班宿舍及生活区，卫星接收天线的位置则位于机房西南侧，机房为单层，高度7.6米，距离发射塔19米，发射塔距山体下降沿4米（19m+4m）。按照《建筑物防雷设计规范》标准，二类建筑物的滚球半径 hr=23m，以设计的基准地平面来计算，可算出被保护建筑物的高度最大为7.12米。

凉风台发射站位于山顶，地处斜坡坡顶地带，地表土壤较少，多为岩石，土壤电阻率较高，雷电流泄放相对困难。年雷暴日为47d/年，雷电活动强烈，极易遭受雷击。为此，台内工程技术人员根据凉风台实际制定了一套切实可行的综合防雷措施。

2.2 发射塔和机房、宿舍的防雷

通常，发射天线和铁塔处于高山台站的最高点。发射天线及铁塔本身既可能成为防雷避雷的泄放导体，也可能变成"引雷器"，因此，它是台站防雷的关键环节。

2.2.1 发射塔防雷设计

发射塔因位置处于最高点，雷电来临时，极易遭受雷击并通过铁塔和天馈线进入机房，造成发射设备过流、过压损坏。我们用60*6热镀锌扁钢在发射塔外围铺设环形地网，内圆半径为5米，外圆半径为8米，配合使用1米纯铜离子接地极垂直敷设，同时从环形地网上外引4条水平接地线，并且在外引线上增设接地模块，以期达到广电行业要求的铁塔接地电阻 <5Ω 以下。

2.2.2 业务用房防雷设计

发射台业务用房长29.6米，宽28.5米，本方案设计业务用房地网：在业务用房地基内采用60*6热镀锌扁钢水平铺设不小于5*5米的网格，外围配合使用1米纯铜离子接地极垂直敷设，交叉处采用50*5*1500mm热镀锌角钢作为垂直接地极，外引4条水平接地线，并且在外引线上增设接地模块，最后用60*6热镀锌扁钢将外引线围成一个圆环，形成一个完整的等电位。如果未达到设计要求，可以适当增加水平外引并配合使用高效降阻剂，达到了2.5Ω左右。我们把机房、宿舍地网与铁塔地网通过外引线可靠连接形成一个等电位体，接地电阻达到设计要求，小于1Ω，符合国家规定的建筑物防雷设计规范要求。

2.3 台站电源系统的防雷措施

2.3.1 电源的第一级防雷保护

为了防止浪涌电压直接从配电室送电端口LPZ0传导区进入LPZ1区，设计应将数万至数十万伏的浪涌电压限制在3000—4000V。设计在总配电室配电柜及备用发电机进线端并联安装三相电源防雷模块，通流容量为50KA（共2套）。

2.3.2 电源的第二级防护

配电柜输出端的电源防雷器作为第二级保护时，是进一步将通过第一级防雷器的残余浪涌电压值限制到2000—2500V，此时作为限压型电源防雷器使用，接闪电流容量不应低于40KA。在机房配电柜进线端并联安装三相电源防雷模块，通流容量为60KA（共5套）。

2.3.3 电源系统的末级防护

最后一级防雷保护是进一步将通过第二级防雷器的残余浪涌电压限制在750V以下并对LPZ1—LPZ2实施等电位连接，接闪电流容量不应低于10KA。使用第三级电源防雷器把通过第二级的剩余浪涌电能进行更完善的吸收，对于瞬态过电压具有极好的抑制作用。在宿舍楼层配电柜以及机房UPS或重要电子电器进线端并联安装三相电源防雷模块，通流容量为20KA，对重要的精密仪器我们设计在设备末端安装机架式防雷插座PDU，通流容量为10KA，这样，整个电源系统的防雷措施得以完美解决。

2.4 室外天馈电缆及信号引入线的防雷措施

台站内的发射天线馈管、钢绞线及波导固定架、铁塔过桥、机房走线架及各种视音频信号线、通信线等。在雷雨季节来临时，馈线外皮很容易将感应电压引入机房，所以，必须采取措施进行电气阻塞。（1）首先要保证馈管两端良好接地。在进入机房前，馈管外皮应就近与地网连接，吊馈管钢绞线、固定架、过桥等每隔一段应与地网可靠接地。（2）各种线缆进入机房前屏蔽层必须就近与地网连接。如果引线较长时，可水平买入地下，引入机房的电缆中有不使用的芯线，应在两端良好接地。

2.5 机房及业务用房的防雷

（1）在机房电缆沟用铜皮铺设地网，发射机、网络柜及接收系统的机壳通过多点与室外地网良好连接，营造等电位环境。（2）结合昭通转播台实际，科学地、有重点地采用防雷器件对电子设备进行保护。（3）配电室、发电机房的机壳、电源接地（中性线、零线）一律与机房共用地网可靠连接。机房铝制门窗、暖气管、水管、走线架等各种导体就近与母线或地网连接，形成一个完善的等电位共用体。

结语

根据雷电对高山发射台入侵破坏的几个途径，通过深入细致的研究雷电形成的几个特点，结合凉风台高山发射台房屋建筑结构和铁塔高度的工作实际，我们架构设计出了一套完整的综合防雷体系，形成高压配电、低压配电及现场设备完整的三级防雷系统。经过多个雷雨季节的考验，到目前为止，各项设备均运行正常，完好无损。

实践证明，昭通转播台的综合防雷系统能够有效防范雷电和浪涌电压对设备的电冲击，很好地保护机房各种设备的正常运行，确保昭通广播电视转播台广播电视节目高效、优质、安全播出。媒

参考文献

[1] 冯建元，冯紧福. 高山发射台防雷研究与实践[J]. 电视技术，2011（14）：75-78.

（作者单位：昭通市广播电视转播台）